

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11111919  
PUBLICATION DATE : 23-04-99

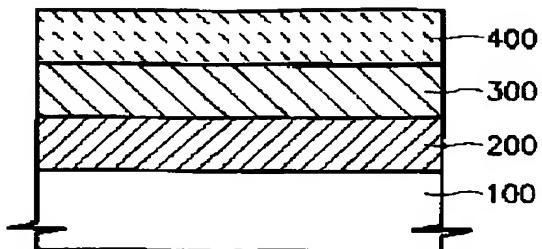
APPLICATION DATE : 09-06-98  
APPLICATION NUMBER : 10160154

APPLICANT : SAMSUNG ELECTRON CO LTD;

INVENTOR : HWANG CHEOL-SEONG;

INT.CL. : H01L 27/04 H01L 21/822

TITLE : DIFFUSION BARRIER LAYER OF SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To impart high resistance to oxidation and prevent mutual diffusion of materials by forming a diffusion barrier layer with a material which includes specified metals and elements.

SOLUTION: A diffused barrier layer 300 is formed between a first and a second conductive layer 200 and 400 for separating the two layers and prevent mutual diffusion of materials of these layers. For the diffused barrier layer 300, a compound layer including Ta, Al, and N is used. For example, a compound layer such as a Ta-Al-N layer is used. In this case, the diffused barrier layer 300 includes a concentration of about 1-60 atomic percent of Ta. Ta can be replaced with a group 5A or a group 6A metal. At that time, the metal is included at a concentration in the same density as that of Ta, that is about 1-60 atomic percent. The densities of Al and N are also about 1-60 atomic percent. In addition the Ta-Al-N layer, a compound layer such as a Ta-Al-N-O layer which is an oxygen-added Ta-Al-N layer can also be used for the diffusion barrier layer 300.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-111919

(43)公開日 平成11年(1999)4月23日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 27/04  
21/822

識別記号

F I

H 0 1 L 27/04

C

審査請求 未請求 請求項の数28 O.L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-160154  
(22)出願日 平成10年(1998)6月9日  
(31)優先権主張番号 1997 P 49759  
(32)優先日 1997年9月29日  
(33)優先権主張国 韓国 (KR)

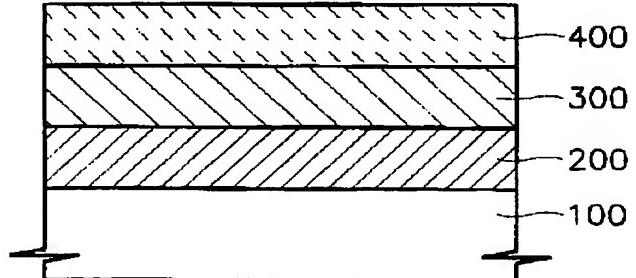
(71)出願人 390019839  
三星電子株式会社  
大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416  
(72)発明者 堀井 秀樹  
大韓民国京畿道水原市八達區仁溪洞319-  
6番地新盤浦アパート102棟1206號  
(72)発明者 黄 哲盛  
大韓民国京畿道城南市盆唐區二梅洞133番  
地アルムマウル三湖アパート401棟804號  
(74)代理人 弁理士 高月 猛

(54)【発明の名称】 半導体装置の拡散障壁層及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 温度に対して従来より高い耐酸化性を有し、物質の相互拡散を防止しうる導電性拡散障壁層を有する半導体装置を提供する。

【解決手段】 導電層間の拡散を防ぐ拡散障壁層300を5A族又は6A族の金属と、Alと、Nとを含んで形成することを特徴とする。5A族又は6A族の金属の含有比が1~60原子%、Alの含有比が1~60原子%、Nの含有比が1~60原子%である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電層間の拡散を防ぐ拡散障壁層を5A族又は6A族の金属と、Alと、Nとを含んで形成することを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 拡散障壁層に含まれる5A族又は6A族の金属の含有比が1～60原子%である請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】 5A族又は6A族の金属はTaである請求項1又は請求項2に記載の半導体装置。

【請求項4】 拡散障壁層に含まれるAlの含有比が1～60原子%である請求項1～3のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項5】 拡散障壁層に含まれるNの含有比が1～60原子%である請求項1～4のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項6】 拡散障壁層が酸素をさらに含む請求項1～5のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項7】 拡散障壁層に含まれる酸素の含有比が1～50原子%である請求項6に記載の半導体装置。

【請求項8】 導電層はPt、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、PtO<sub>x</sub>、RhO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub>、RuO<sub>x</sub>、OsO<sub>x</sub>、PdO<sub>x</sub>、CaRuO<sub>3</sub>、SrRuO<sub>3</sub>、CaIrO<sub>3</sub>、SrIrO<sub>3</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN又はTaN、あるいはこれらを組み合わせた導電物質からなる請求項1～8のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項9】 1～60原子%の5A族又は6A族の金属と、1～60原子%のAlと、1～60原子%のNと、から構成されることを特徴とする半導体装置の拡散障壁層。

【請求項10】 1～50原子%の酸素をさらに含む請求項9記載の半導体装置の拡散障壁層。

【請求項11】 半導体基板上に形成されるコンタクトホールを有する絶縁膜パターンと、コンタクトホールを埋める導電性プラグと、導電性プラグを介して半導体基板と電気的に接続され、5A族又は6A族の金属とAl及びNとを含む拡散障壁層パターンと、拡散障壁層パターン上に形成された下部電極と、下部電極上に形成された誘電層と、誘電層上に形成された上部電極と、を含んで構成されることを特徴とする半導体装置のキャバシタ。

【請求項12】 導電性プラグは不純物をドープしたSi、W又はこれらの組合せからなる物質の何れか一つからなる請求項11に記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項13】 下部電極及び上部電極はPt、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、PtO<sub>x</sub>、RhO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub>、RuO<sub>x</sub>、OsO<sub>x</sub>、PdO<sub>x</sub>、CaRuO<sub>3</sub>、SrRuO<sub>3</sub>、CaIrO<sub>3</sub>、SrIrO<sub>3</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN又はTaNの何れか一つからなる請求項11又は請求項12に記載の半導体装置のキャバシタの製造方法。

に記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項14】 拡散障壁層パターンに含まれる5A族又は6A族の金属の含有比が1～60原子%である請求項11～13のいずれか1項に記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項15】 拡散障壁層パターンに含まれるAlの含有比が1～60原子%である請求項11～14のいずれか1項に記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項16】 拡散障壁層パターンに含まれるNの含有比が1～60原子%である請求項11～15のいずれか1項に記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項17】 拡散障壁層パターンが酸素をさらに含む請求項11～16のいずれか1項に記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項18】 拡散障壁層パターンに含まれる酸素の含有比が1～50原子%である請求項17記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項19】 誘電層はTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、Ba(Sr、Ti)O<sub>3</sub>、Pb(Zr、Ti)O<sub>3</sub>、SrBi<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>9</sub>、(Pb、La)(Zr、Ti)O<sub>3</sub>又はBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>の何れか一つの誘電物質からなる請求項11～19のいずれか1項に記載の半導体装置のキャバシタ。

【請求項20】 半導体基板上にコンタクトホールを有する絶縁膜パターンを形成する段階と、コンタクトホールに導電性プラグを埋める段階と、導電性プラグを介して半導体基板に電気的に接続され、5A族又は6A族の金属とAlとNとを含む拡散障壁層を形成する段階と、拡散障壁層上に下部電極層を形成する段階と、下部電極層及び拡散障壁層をパタニングして下部電極及び拡散障壁層パターンを形成する段階と、下部電極を覆う誘電層を形成する段階と、誘電層上に上部電極を形成する段階と、からなることを特徴とする半導体装置のキャバシタの製造方法。

【請求項21】 導電性プラグは不純物をドープしたSi、W又はこれらの組合せからなる物質の何れか一つからなる請求項20に記載の半導体装置のキャバシタの製造方法。

【請求項22】 下部電極及び上部電極はPt、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、PtO<sub>x</sub>、RhO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub>、RuO<sub>x</sub>、OsO<sub>x</sub>、PdO<sub>x</sub>、CaRuO<sub>3</sub>、SrRuO<sub>3</sub>、CaIrO<sub>3</sub>、SrIrO<sub>3</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN又はTaNの何れか一つからなる請求項20又は請求項21に記載の半導体装置のキャバシタの製造方法。

【請求項23】 拡散障壁層パターンに含まれる5A族又は6A族の金属の含有比が1～60原子%である請求項20～22のいずれか1項に記載の半導体装置のキャバシタの製造方法。

【請求項24】 拡散障壁層パターンに含まれるAlの

含有比が1～60原子%である請求項20～23のいずれか1項に記載の半導体装置のキャパシタの製造方法。

【請求項25】拡散障壁層パターンに含まれるNの含有比が1～60原子%である請求項20～24のいずれか1項に記載の半導体装置のキャパシタの製造方法。

【請求項26】拡散障壁層パターンが酸素をさらに含む請求項20～25のいずれか一項に記載の半導体装置のキャパシタの製造方法。

【請求項27】拡散障壁層パターンに含まれる酸素の含有比が1～50原子%である請求項26記載の半導体装置のキャパシタの製造方法。

【請求項28】誘電層は $Ta_2O_5$ 、 $SrTiO_3$ 、 $Ba(Sr, Ti)O_3$ 、 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 、 $SrBi_2Ta_2O_9$ 、 $(Pb, La)(Zr, Ti)O_3$ 又は $Bi_4Ti_3O_{12}$ の何れか一つの誘電物質からなる請求項20～27のいずれか一項に記載の半導体装置のキャパシタの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は導電性拡散障壁層(conductive diffusion barrier layer)を使用する半導体装置及びその製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】半導体集積回路は多様な物質を用いて形成された層よりなる。各層を形成する物質には、Al、Pt、Cu及びWのような導電性物質、Si酸化物のような絶縁性物質、及び不純物のドープされた導電性Siのような半導体物質などがある。このように様々な特性の物質により形成される半導体装置は、相互接触することにより電気的に接続されて回路を構成する。このとき層間には、物質の過剰な拡散を防止するために導電性拡散障壁層が必要になる。このような拡散障壁層としてはTiN層、TaN層、TiSiN層またはTaSiN層などがある。拡散障壁層に必要な特性としては高導電性維持特性、拡散防止機能維持特性、熱的安全性及び高耐酸化性などがある。

【0003】拡散障壁層を使用する例としては、半導体基板上にキャパシタを形成する場合があり、キャパシタの電極と不純物のドープされたSi層の間に拡散障壁層が入れられる。キャパシタの拡散障壁層は、電極とSi層を分離し、層物質の相互拡散を防止する。例えば、NO(Nitride/Oxide)層や $Ta_2O_5$ 層のような誘電層を用いるキャパシタの場合には、拡散障壁層としてTiN層またはTaN層などを用いる。

【0004】半導体装置の高集積化に伴い、キャパシタの占有面積の減少が要求され、また大容量のキャパシタが要求されている。このようなキャパシタを作るために、BST( $Ba(Sr, Ti)O_3$ )層またはPZT( $Pb(Zr, Ti)O_3$ )層のような、従来のNO層よりも100倍以上の高誘電率をもつ物質よりなる誘電

層を用いる方法がある。また、キャパシタの形成工程の単純化及び段差の減少も実現できる。

【0005】BST層やPZT層のような誘電層は酸素原子を含んでおり、その形成において酸化性雰囲気での熱処理工程が要求される。従って、キャパシタ電極としてPtのような高耐酸化性を有し、高温でも安定した導電物質を使う必要がある。しかしこのような高耐酸化性の電極は、電極と接触するSi層のSiと反応しやすいために、拡散障壁層を電極とSi層の間に入れる必要がある。

【0006】しかし、BST層やPZT層のような誘電層の形成には、酸化性雰囲気における熱処理工程があるために、キャパシタ電極と接触する拡散障壁層及びSi層などが酸化される。即ち、酸化性雰囲気により、拡散障壁層とSi層の間に酸化層を形成することがある。また、拡散障壁層やSi層が酸化されると、酸化された部分の抵抗が増加し、そのためにキャパシタンスが低くなる。

##### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】Si層の酸化は、誘電層を形成するための酸化性雰囲気により拡散される酸素により誘発される。従って、酸素の拡散を防止するためには、拡散障壁層のさらに安定な酸素拡散防止特性及び耐酸化性が要求される。また、拡散障壁層自体の酸化を防止するためには、拡散障壁層として用いられる物質層の温度に対する高耐酸化特性及び安定した導電性特性の維持が要求される。

【0008】しかし、従来のTiNよりなる拡散障壁層は、酸化性雰囲気に露出されると $TiO_2$ 層のような酸化層を形成する。 $TiO_2$ 層は不導体の特性を示すためSi層と電極との間の抵抗を大きくする。従って、温度に対してさらに高い耐酸化性及び導電性を有し、金属原子、Si原子の拡散及び酸素原子の拡散を防止しうる拡散障壁層が求められている。

【0009】本発明の目的は、このような温度に対してさらに高い耐酸化性を有し、物質の相互拡散を防止しうる導電性拡散障壁層を有する半導体装置を提供することにある。

##### 【0010】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決する本発明の拡散障壁層を有する半導体装置は、導電層間の拡散を防ぐ拡散障壁層を5A族又は6A族の金属と、Alと、Nとを含んで形成することを特徴とする。拡散障壁層に含まれる5A族又は6A族の金属の含有比は1～60原子%であるとよい。特に、5A族又は6A族の金属はTaであるとよい。拡散障壁層に含まれるAlの含有比は1～60原子%であるとよい。拡散障壁層に含まれるNの含有比は1～60原子%であるとよい。また、拡散障壁層は酸素をさらに含んでもよく、その場合の含有比は1～50原子%であるとよい。導電層はP

t、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、PtO<sub>x</sub>、RhO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub>、RuO<sub>x</sub>、OsO<sub>x</sub>、PdO<sub>x</sub>、CaRuO<sub>x</sub>、SrRuO<sub>x</sub>、CaIrO<sub>x</sub>、SrIrO<sub>x</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN又はTaN、あるいはこれらを組み合わせた導電物質からなる。

【0011】このような半導体装置を用いて製造するキャパシタは、半導体基板上に形成されるコンタクトホールを有する絶縁膜パターンと、コンタクトホールを埋める導電性プラグと、導電性プラグを介して半導体基板と電気的に接続され、5A族又は6A族の金属とAl及びNとを含む拡散障壁層パターンと、拡散障壁層パターン上に形成された下部電極と、下部電極上に形成された誘電層と、誘電層上に形成された上部電極と、を含んで構成されることを特徴とする。導電性プラグは不純物をドープしたSi、W又はこれらの組合せからなる物質の何れか一つからなる。下部電極及び上部電極はPt、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、PtO<sub>x</sub>、RhO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub>、RuO<sub>x</sub>、OsO<sub>x</sub>、PdO<sub>x</sub>、CaRuO<sub>x</sub>、SrRuO<sub>x</sub>、CaIrO<sub>x</sub>、SrIrO<sub>x</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN又はTaNの何れか一つからなる。拡散障壁層パターンに含まれる5A族又は6A族の金属の含有比が1～60原子%であるとよい。拡散障壁層パターンに含まれるAlの含有比が1～60原子%であるとよい。拡散障壁層パターンに含まれるNの含有比が1～60原子%であるとよい。また拡散障壁層パターンは酸素をさらに含んでもよく、その場合の含有比は1～50原子%であるとよい。誘電層はTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、Ba(Sr、Ti)O<sub>3</sub>、Pb(Zr、Ti)O<sub>3</sub>、SrBi<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>9</sub>、(Pb、La)(Zr、Ti)O<sub>3</sub>又はBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>の何れか一つの誘電物質からなる。

【0012】そのキャパシタの製造方法は、半導体基板上にコンタクトホールを有する絶縁膜パターンを形成する段階と、コンタクトホールに導電性プラグを埋める段階と、導電性プラグを介して半導体基板に電気的に接続され、5A族又は6A族の金属とAlとNとを含む拡散障壁層を形成する段階と、拡散障壁層上に下部電極層を形成する段階と、下部電極層及び拡散障壁層をパタニングして下部電極及び拡散障壁層パターンを形成する段階と、下部電極を覆う誘電層を形成する段階と、誘電層上に上部電極を形成する段階と、からなることを特徴とする。導電性プラグは不純物をドープしたSi、W又はこれらの組合せからなる物質の何れか一つからなる。下部電極及び上部電極はPt、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、PtO<sub>x</sub>、RhO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub>、RuO<sub>x</sub>、OsO<sub>x</sub>、PdO<sub>x</sub>、CaRuO<sub>x</sub>、SrRuO<sub>x</sub>、CaIrO<sub>x</sub>、SrIrO<sub>x</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN又はTaNの何れか一つからなる。拡散障壁層パターンに含まれる5A族又は6A族の

金属の含有比が1～60原子%であるとよい。拡散障壁層パターンに含まれるAlの含有比が1～60原子%であるとよい。拡散障壁層パターンに含まれるNの含有比が1～60原子%であるとよい。また拡散障壁層パターンは酸素をさらに含んでもよく、その場合の含有比は1～50原子%であるとよい。誘電層はTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、Ba(Sr、Ti)O<sub>3</sub>、Pb(Zr、Ti)O<sub>3</sub>、SrBi<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>9</sub>、(Pb、La)(Zr、Ti)O<sub>3</sub>又はBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>の何れか一つの誘電物質からなる。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を添付した図面に基づき詳しく述べる。

【0014】図1を参照すれば、第1導電層200と第2導電層400の間に拡散障壁層300が形成される。以下、半導体装置のキャパシタの電極構造に、拡散障壁層300を使用する場合を例として説明する。

【0015】第1導電層200は、不純物のドープされたSi層やW層のような金属層などの導電物質層よりなる。第1導電層200は、キャパシタの電極構造におけるプラグを示す。第2導電層400は、Pt、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、PtO<sub>x</sub>、RhO<sub>x</sub>、IrO<sub>x</sub>、RuO<sub>x</sub>、OsO<sub>x</sub>、PdO<sub>x</sub>、CaRuO<sub>x</sub>、SrRuO<sub>x</sub>、CaIrO<sub>x</sub>、SrIrO<sub>x</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiNまたはTaN、あるいはこれらを組合せた導電物質よりなる。第2導電層400はキャパシタの電極となる。

【0016】拡散障壁層300は、第1及び第2導電層200、400の間に生成されて第1及び第2導電層200、400を分離し、相互拡散を抑制する。拡散障壁層300には、Ta、Al及びNを含む化合物層を用いる。具体的には、Ta-Al-N層のような化合物層を用いる。この際、拡散障壁層300は、原子百分率(atOMIC percentage)で約1～60原子%の原子濃度(atOMIC concentration)のTaを含む。また、Taを5A族または6A族金属、例えばMo、NbまたはWのような金属に置き換えるても良い。この際、Mo、Nb又はWは、Taと同じ原子百分率で約1～60原子%の濃度で含まれる。Al及びNの濃度も原子百分率で約1～60%である。

【0017】また拡散障壁層300には、Ta-Al-N層に酸素を含めたTa-Al-N-O層のような化合物層を用いてもよい。この際、拡散障壁層300は原子百分率で約1～60原子%の原子濃度のTaと1～60原子%のAl及びNからなり、さらに原子百分率で約1～50原子%の濃度で酸素が含まれる。TaをMo、Nb又はWなどの5A族または6A族の金属とTaと同じ濃度で置き換えるても良い。

【0018】このような拡散障壁層300は、従来のTiN層やTaN層に比べて高熱処理時にも高い耐酸化性

及び高いコンタクト抵抗安定性を示す。そのために、第1導電層200、即ちプラグと、第2導電層400、即ち電極間のコンタクト抵抗値が、高熱処理後にも変化量が少ない。このような拡散障壁層300の実験例を図2、図3に基づき詳しく説明する。

【0019】実験例1：酸化性雰囲気で熱処理されたTa-A1-N-O層及びTaN層の抵抗値測定

【0020】本発明の拡散障壁層にTa-A1-N-O層、従来の拡散障壁層にTaN層を用いて以下のような条件で測定した。Ta-A1-N-O層及びTaN層を約50nmの厚さで形成した後、酸化性雰囲気の中で熱処理を行なう。この際、酸化性雰囲気は窒素ガスに1%の酸素ガスを混ぜた混合ガスを使用する。熱処理は、室温から約800°Cまでの温度条件で行われる。熱処理後に4点測定法(4-point probe measurement)で抵抗値を測定した結果を図2に示す。

【0021】図2の結果から、TaN層は約500°Cから抵抗値が急激に増加し、約600°Cの熱処理を行なった場合には、ほとんど絶縁体と見なされる程の高抵抗値になる。この結果から、TaN層が約500°C~550°Cから酸化が急激に始まることがわかる。また、酸化は急激に進行し600°C以上の温度では、TaN層が、ほとんど酸化層に変わっていることを示す。TaN層はTiN層に比べて高い耐酸化性を有する。従って、TiN層も500°C以上の温度では酸化されて高抵抗値を示すことになる。

【0022】一方Ta-A1-N-O層は、約800°Cの高い熱処理温度でも抵抗の急激な増加を示さない。即ち、高温で熱処理を行っても安定した導電性を示し、約800°Cの高温でもほとんど酸化されないことを意味する。これは、酸化性雰囲気に接するTa-A1-N-O層の表面に緻密な(Ta、A1)O<sub>x</sub>層が形成され、酸化性雰囲気の酸素原子がTa-A1-N-O層の内部に拡散することが抑制されるためである。(Ta、A1)O<sub>x</sub>はTaとA1との固溶体を示し、TaとA1の含有比は調節できる。また、A1の酸化物A1<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層は不導体である反面、A1にTaが固溶されて形成される酸化物の(Ta、A1)O<sub>x</sub>層は導電性である。従って、酸化性雰囲気によってTa-A1-N-O層の表面に形成される(Ta、A1)O<sub>x</sub>層は導電性を有する。従って、Ta-A1-N-O層はその表面の(Ta、A1)O<sub>x</sub>層によって抵抗が増加せず、高熱処理後にも安定した導電特性を保つ。

【0023】このようにTa-A1-N-O層は、従来のTiN層またはTaN層に比べて高温でも高い耐酸化性を保ち、安定した導電性を示す。Ta-A1-N-O層はTa-A1-N層にOがドープされて形成される。従って、Ta-A1-N層は酸化性雰囲気ではTa-A1-N-O層のような効果を持つ。また、Taを5A族または6A族元素と置き換えた拡散障壁層、例えばNb

-A1-N-O層、Nb-A1-N層、Mo-A1-N-O層、Mo-A1-N層又はW-A1-N層でも同様の効果がえられる。

【0024】実験例2：酸化性雰囲気で熱処理されたPolycrystalline Si層/Ti層/Ta-A1-N-O層構造のケルビンパターン(kelvin pattern)によるコンタクト抵抗値測定

【0025】ポリシリコン(poly-Si)層、即ち不純物がドープされた多結晶Si層上にTi層を約10nmの厚さで形成する。そして、Ti層上にTa-A1-N-O層を約100nmの厚さで形成し、Ti層及びpoly-Si層を覆う。Ti層は界面特性を改質する役割を果たす。このように形成されたpoly-Si層/Ti層/Ta-A1-N-O層の構造を酸化雰囲気、例えば窒素に1%の酸素を混ぜたガスを用いた酸化雰囲気で、多様な温度条件で熱処理する。熱処理されたpoly-Si層/Ti層/Ta-A1-N-O層の単位コンタクトの大きさ、この場合1μm<sup>2</sup>のコンタクト面積におけるコンタクト抵抗を、ケルビンパターンを用いて測定する。このように測定した結果を図3に示す。

【0026】図3によると熱処理温度によるコンタクト抵抗の変化は少なく、約800°Cの高熱処理条件下でもコンタクト抵抗が増加しない。このような結果は、約800°Cの高温でもTa-A1-N-O層が、酸素原子のTi層及びpoly-Si層への拡散を防止することを示す。また、Ta-A1-N-O層の酸化による抵抗の増加も防止できる。

【0027】以上のようにTa-A1-N層またはTa-A1-N-O層を用いた拡散障壁層は、従来のTiN層、TaN層、TiSiN層又はTaSiN層の拡散障壁層に比べて高温及び酸化性雰囲気の条件下で、酸素原子の拡散を防止できる。また、Ta-A1-N層又はTa-A1-N-O層は、従来の拡散障壁層に比べて高温の条件でも高い耐酸化性を持ち、例えば約800°Cの温度条件の酸化性雰囲気下でもほとんど酸化されず、安定した導電性を保つ。従って、従来のTiN層、TaN層、TiSiN層又はTaSiN層の拡散障壁層に比べて安定した導電特性を保てる。このような効果はTaを5A族または6A族金属、例えばNb、Mo又はWのような金属に置き換ても得られる。具体的には、Nb-A1-N-O層、Nb-A1-N層、Mo-A1-N-O層、Mo-A1-N層、W-A1-N-O層及びW-A1-N層等である。

【0028】図4は半導体基板100上に形成されるキャパシタ構造を示しており、コンタクトホール170を有する絶縁膜パターン150と、コンタクトホール170を介して半導体基板100と電気的に接続され、Ta、Mo、NbまたはWなどの金属とA1及びNを含んで形成された拡散障壁層パターン350と、拡散障壁層パターン350上に形成された下部電極450と、下部

電極450上に形成された誘電層500と、誘電層500上に形成された上部電極600と、コンタクトホール250を埋める導電性プラグ250と、からなる。

【0029】導電性プラグ250は不純物のドープされたSi、Wまたはこれらの組合せの導電物質で形成され、ブランケットCVD (blanket Chemical Vapour Deposition) または選択的CVD法で形成する。導電性プラグ250は、拡散障壁層パターン350と半導体基板100を電気的に接続する役目を持つ。

【0030】下部電極450及び上部電極600は、Pt、Rh、Ru、Ir、Os、PdのようなPt族金属や、 $\text{PtO}_x$ 、 $\text{RhO}_x$ 、 $\text{IrO}_x$ 、 $\text{RuO}_x$ 、 $\text{OsO}_x$ 、 $\text{PdO}_x$ のようなPt族金属の酸化物、あるいはCaRuO<sub>3</sub>、SrRuO<sub>3</sub>、CaIrO<sub>3</sub>、SrIrO<sub>3</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN、TaNのような導電物質、またはこれらの物質の組合せよりなる物質で作られる。

【0031】誘電層500は、高誘電率を有する誘電物質で形成される。例えば、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、SrTiO<sub>3</sub>、Ba (Sr、Ti) O<sub>3</sub>、Pb (Zr、Ti) O<sub>3</sub>、SrBi<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>9</sub>、(Pb、La) (Zr、Ti) O<sub>3</sub>又はBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>などである。誘電層500を形成する際、高温の熱処理工程と酸化性雰囲気が要求される。従って、下部電極450及び上部電極600は、前述したような耐酸化性を有する導電物質で形成することが望ましい。

【0032】拡散障壁層350は、プラグ250と下部電極450の間の反応を防止する。また、誘電層500の形成時に用いられる酸化性雰囲気によりプラグ250が酸化して抵抗が増加することを防止する。従って、拡散障壁層350は高温での高耐酸化性及び導電性が要求される。

【0033】本発明のキャバシタで用いられる拡散障壁層350、例えばTa-A1-N層またはTa-A1-N-O層等は、図2及び図3に示すように優れた耐酸化性及び安定した導電性を示す。従って、Ta-A1-N層またはTa-A1-N-O層を拡散障壁層350に用いた本発明のキャバシタは、拡散障壁層350及びプラグ250の酸化による抵抗増加に起因するキャバシタンスの減少などを防止する。

【0034】図5～図7は本発明によるキャバシタ形成方法を説明する断面図である。

【0035】図5は半導体基板100上に絶縁膜パターン150を形成する段階を示す。

【0036】トランジスタのような下部構造(図示せず)の形成された半導体基板100上に、HTO (High Temperature Oxide) 層、USG (Undoped Silicate Glass) 層、SOG (Spin On Glass) 層またはBPSG (BoroPhosphoSilicate Glass) 層のような絶縁層を形成する。その後、絶縁層をバタニングして半導体基板100または下部構造を露出させるコンタクトホール170

0を有する絶縁膜パターン150を形成する。次に、コンタクトホール170を介して半導体基板100に接触する導電物質層を形成する。この導電物質層をバタニングし、コンタクトホール170を埋める導電性プラグ250を形成する。この際、プラグ250は不純物のドープされたSi、Wまたはこれらの組合せの導電物質で選択的CVD法等により形成する。

【0037】図6は拡散障壁層300及び下部電極層410を形成する段階を示す。

【0038】プラグ250介して半導体基板100と電気的に接続される拡散障壁層300を、絶縁膜パターン150上に形成する。拡散障壁層300は、図1で説明したようなTa、Mo、Nb又はWのような金属とAl及びNが含まれる化合物を用いて形成する。またこれらの化合物に、さらに酸素が含まれていても良い。

【0039】拡散障壁層300の一例としてTa-Al-N-O層の形成方法を説明する。プラグ250の形成された半導体基板100をスパッタリング装置、例えばDC反応性スパッタリング装置に引き込む。スパッタリング装置のターゲットにはTa-Alターゲットを準備する。次に、約300WのDC電力をかけて約12sccmの流量でArガスを供給し、同時に5sccmの流量で窒素ガス及び1sccmの流量で酸素ガスを供給してプラグ250上に拡散障壁層300のTa-Al-N-O層を形成する。この際、半導体基板100は約200°Cに保たれる。こうしてTa-Al-N-O層を約80nmの厚さに形成する。このような方法以外でも化学気相蒸着法またはMBE (Molecular Beam Epitaxial) 法のような薄膜を形成する方法を用いても形成できる。

【0040】拡散障壁層300を形成後に、その上部に下部電極層410を図4で説明したような耐酸化性の導電物質層で形成する。例えば、Pt、Rh、Ru、Ir、Os、Pd、 $\text{PtO}_x$ 、 $\text{RhO}_x$ 、 $\text{IrO}_x$ 、 $\text{RuO}_x$ 、 $\text{OsO}_x$ 、 $\text{PdO}_x$ 、CaRuO<sub>3</sub>、SrRuO<sub>3</sub>、CaIrO<sub>3</sub>、SrIrO<sub>3</sub>、Cu、Al、Ta、WSi<sub>x</sub>、Mo、MoSi<sub>x</sub>、W、Au、TiN、TaNまたはこれらの組合せによる導電物質である。

【0041】下部電極層410は次のような方法で形成される。拡散障壁層300を形成した後、DC反応性スパッタリング装置を用いて、拡散障壁層300上に導電物質層を形成する。導電物質層は、約1000WのDC電力と約20sccmの流量で供給されるArガスで約100nmの厚さに形成される。このとき、半導体基板100は約200°Cの温度で保たれる。このように形成された導電物質層を下部電極層410として用いる。

【0042】図7は下部電極層410及び拡散障壁層300をバタニングする段階を示す。

【0043】下部電極層410上に蝕刻阻止層パターン(図示せず)を形成する。次いで、蝕刻阻止層パターンをマスクとして下部電極層410を蝕刻して下部電極4

50を形成する。この際、蝕刻工程は反応性イオン蝕刻(RIE: Reactive Ion Etching)法のような乾式蝕刻法を用いる。引き続き蝕刻工程を続け、下部電極450の下部の拡散障壁層300をバタニングし、拡散障壁層バターン350を形成する。

【0044】次いで、図4に示したように下部電極450を覆う誘電層500及び上部電極600を形成する。誘電層500は高誘電率を有する誘電物質層を用いて約40nmの厚さで形成する。この誘電物質は酸素を含んでいるため、その形成に当って酸化性雰囲気における熱処理工事が伴う。

【0045】このような酸化性雰囲気における熱処理工事によりプラグ250及び拡散障壁層バターン350内に酸素が拡散されることがある。しかし、図2及び図3で説明したように、本発明で形成される拡散障壁層350は高温で高い耐酸化性を有している。また、安定した導電性を保つので酸化性雰囲気または酸素により、プラグ250などが酸化することを防止できる。従って、拡散障壁層350、プラグ250及び下部電極450の抵抗の増加を防止でき、キャパシタのキャパシタンスを改善しうる。

【0046】次いで、誘電層500上に上部電極層600を形成する。上部電極層600は下部電極層410を形成する方法で形成される。こうしてキャパシタを形成する。

#### 【0047】

【発明の効果】本発明の半導体装置の製造方法により、拡散障壁層を高耐酸化性の物質で形成するために、高温

での製造工程を経ても拡散障壁層が酸化されず導電性を保つことができる。そのため、安定した特性を示す半導体素子が製造可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による拡散障壁層を示す半導体装置の断面図。

【図2】Ta-Al-N-O層及びTaN層の酸化性雰囲気における熱処理後の抵抗値のグラフ。

【図3】poly-Si層/Ti層/Ta-Al-N-O層の構造を酸化性雰囲気で熱処理後のコンタクト抵抗値のグラフ。

【図4】本発明によるキャパシタ構造の断面図。

【図5】キャパシタ形成方法を示す断面図。

【図6】キャパシタ形成方法を示す断面図。

【図7】キャパシタ形成方法を示す断面図。

#### 【符号の説明】

100 半導体基板

150 絶縁膜バターン

170 コンタクトホール

200 第1導電層

250 導電性プラグ

300 拡散障壁層

350 拡散障壁層バターン

400 第2導電層

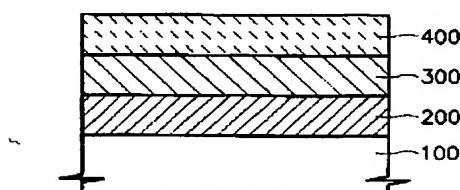
410 下部電極層

450 下部電極

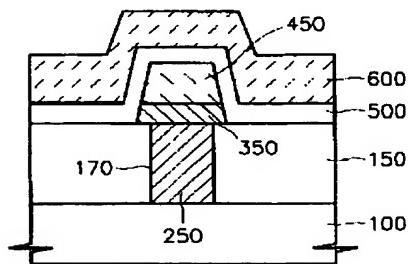
500 誘電層

600 上部電極

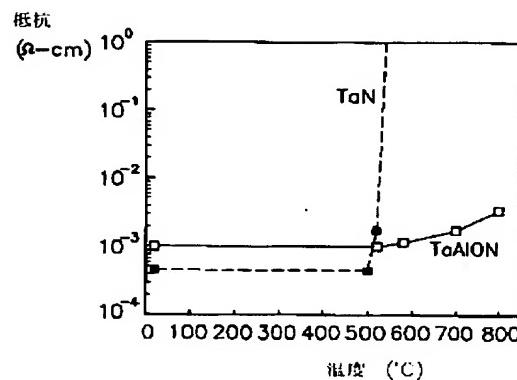
【図1】



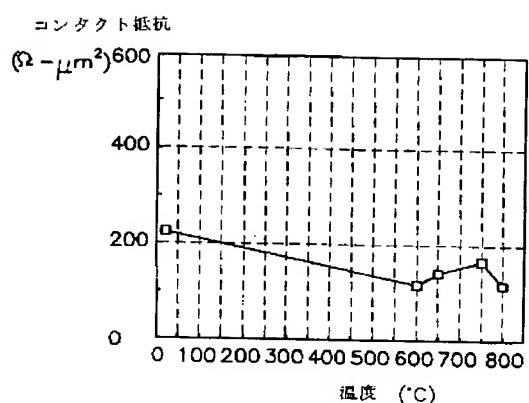
【図4】



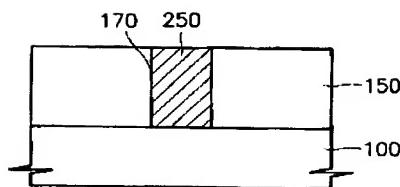
【図2】



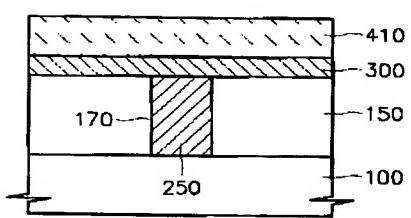
【図3】



【図5】



【図6】



【図7】

